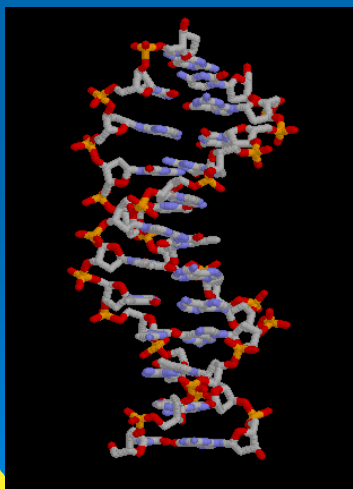




Département PerSyst  
U.R. Systèmes de Cultures Annuelles

Centre  
de coopération  
internationale  
en recherche  
agronomique  
pour le  
développement

# Gestion des risques: de la mise au point à l'utilisation « grand public »




Jean-Luc HOFS

Catherine PANNETIER

Atelier national sur les OGM, Cotonou, 28-29 février 2008

# INTRODUCTION

- Définition du risque
  - Préalable à la gestion des risques
  - Identification des risques
- 

# 1a- Risques environnementaux et biosécurité

## Risques environnementaux liés à la diffusion du transgène

**Danger** (objectif / potentiel): **effet** indésirable, négatif sur une **cible** par mise en contact de cette cible avec une **source** de danger. Cette source a un potentiel d'effet indésirable.

**Risque**: **probabilité** de survenue de cet effet indésirable.

EXEMPLE des insecticides: produits chimiques créés pour tuer les insectes.

Source = insecticide

Cible = insecte

Risque = insecte exposé au produit (S)

Effet = mort de l'insecte

PAS D'EXPOSITION = Risque **quasi** nul

# 1b- Risques environnementaux et biosécurité

## Risques environnementaux liés à la diffusion du transgène

$$\text{RISQUE} = \text{PROBABILITE D'OCCURENCE} \times \text{INTENSITE DE L'EVENEMENT}$$

Diagram illustrating the components of Risk:

- PROBABILITE D'OCCURENCE** (Probability of Occurrence) is calculated as:  
$$\frac{\text{Nombre de contacts}}{\text{Effectif total}}$$
- INTENSITE DE L'EVENEMENT** (Intensity of the Event) is calculated as:  
$$\frac{\text{Temps d'exposition} \times \text{Quantité de pathogène}}{\text{Conséquence de l'évènement}}$$

Un risque est une notion quantitative, un pourcentage.

Les risques environnementaux varient en fonction du contexte écologique, biologique plante, socio-économique et des transgènes considérés (évaluation « au cas par cas »)

# LES RISQUES

Peuvent être classés en fonction :

- de leur nature: environnementaux, sanitaires, économiques...
- du lieu d'utilisation de la technologie: laboratoire, serre, animalerie...
- De la sévérité de l'effet / caractère pathogène: échelle C1, C2, C3, C4

## 2a – L'analyse des risques

**FP&RO**

**Evaluation des  
risques**

**Tests**  
Homolo-  
gation

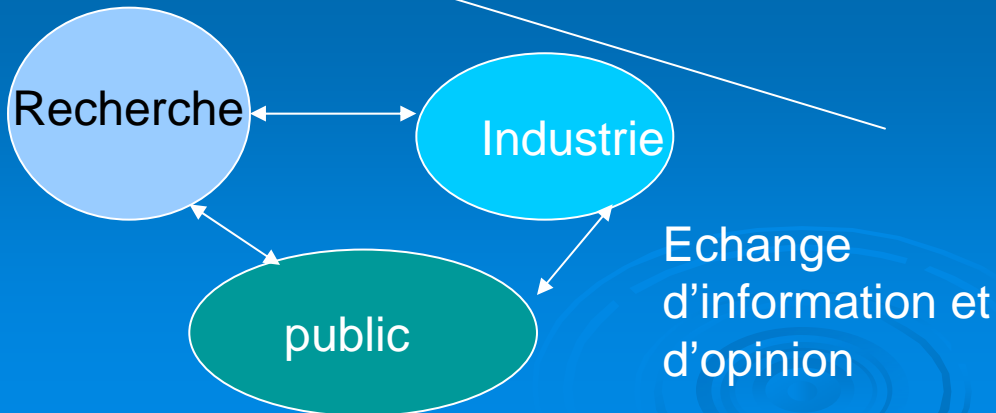
**Gestion des  
risques**

**Opportunité  
de la  
technologie ?**

Identification,  
caractérisation du  
danger et exposition  
au risque.

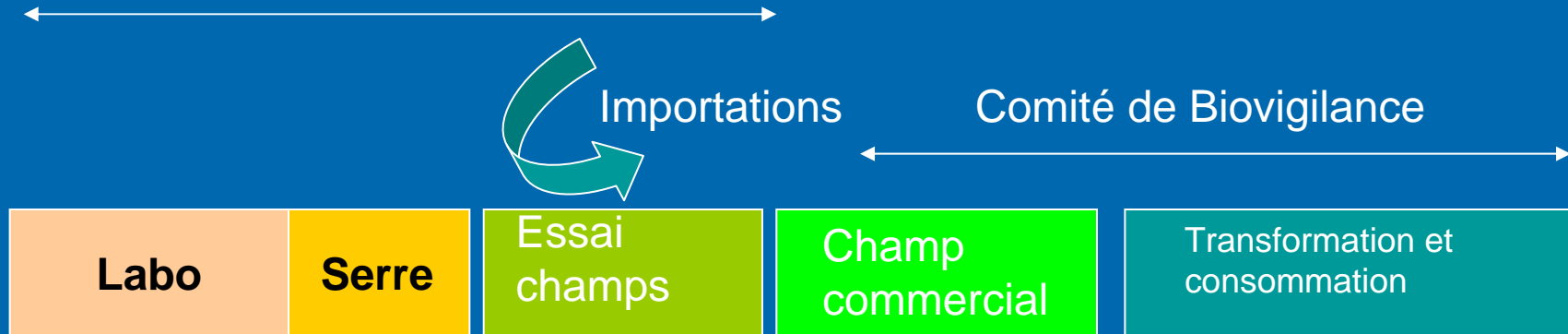
**Innocuité  
de l'OGM**

**Mettre en balance  
les différentes  
pratiques et  
politiques en  
fonction de  
l'évaluation, pour  
la protection de la  
santé, de  
l'environnement et  
commercialisation.**



# Gestion des risques: cadre réglementaire impliquant plusieurs institutions

RECHERCHE



Commission du  
Génie Génétique

Commission du Génie  
Biomoléculaire

Agence Sécurité  
Santé Alimentaire

Min Recherche et  
Min Environnement

Min Environnement et Min  
Agriculture

Min Santé, Min Econ

Utilisation en milieu  
confiné / classes  
de risques.

Evaluation des risques liés  
à la dissémination, avis sur  
la dissémination

# Risques (I) Au laboratoire

Classe de risque

## 1 **DONNEUR**

Micro-organisme, plante, animal, humain



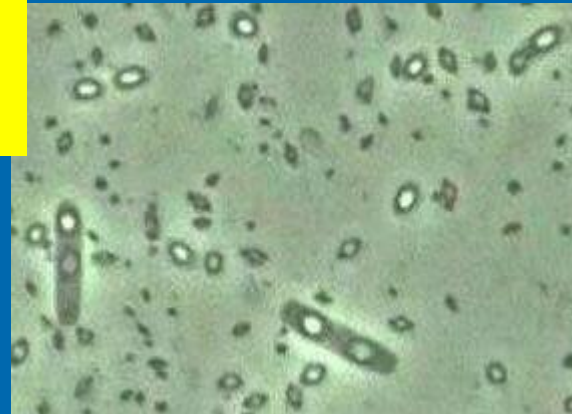
## **INSERT**

Banque génomique, cDNA, Acide nucléique  
spécifique connu ou inconnu

2

## **VECTEUR**

Plasmide, phage, vecteur viral, levure



1 ou 2  
rarement  
3 ou 4

## 3 **HOTE**

Micro-organisme

Plante

Animal



# Classes de dangers

Microorganismes naturels		OGM	
I	Agents biologiques non susceptibles de provoquer des troubles sanitaires chez l'homme	C1	Non pathogènes pour les êtres vivants, ni délétères sur l'environnement. Stériles ou autogames strictes
II	Maladie possible, propagation peu probable Prophylaxie existante	C2	Fonction: - donneur - vecteur - receveur La combinaison permet d'évaluer le danger. Élément le plus dangereux est prédominant.
III	Maladie, très pathogène, se propage, prophylaxie existante	C3	
IV	Hautement pathogène, Pas de prophylaxie	C4	

# Risques (II)

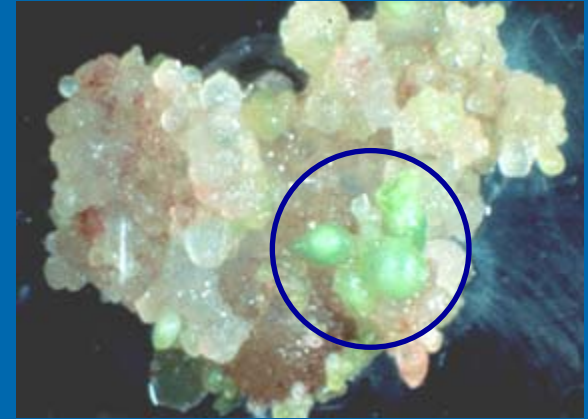
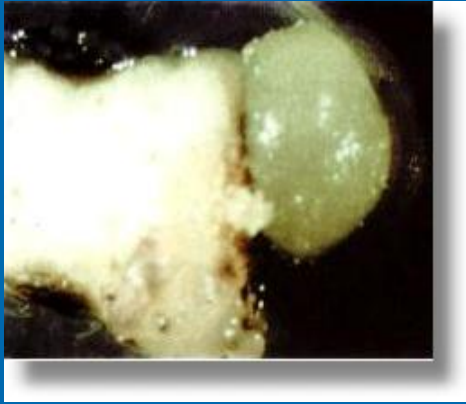
## Au laboratoire

- L'insertion d'un transgène dans un génome peut avoir des conséquences directes ou indirectes sur son fonctionnement.
- Produire des métabolites : cas des gènes à propriété biologiques susceptibles de provoquer une atteinte par production de: toxines, cytokines, allergènes, hormones, oncogènes, prions, génomes viraux...
- Interactions métaboliques: accumulations devenant toxiques.
- « Rompre » un gène fonctionnel ou activer d'autres gènes et se traduire par:
  - 1) augmentation du pouvoir infectieux ou pathogène.
  - 2) réactivation d'une mutation silencieuse.
  - 3) altération du tropisme tissulaire ou catégorie de l'hôte.
  - 4) extinction de gènes fonctionnels.

Pathogènes et toxines:

- Contamination du substrat de culture, des récipients, des effluents...

# LA TRANSFORMATION DU COTONNIER via *A. tumefaciens*



Fragment d'hypocotyle avec cal  
indifférencié : cellules transformées  
se divisant sur milieu sélectif

Cal embryogène  
(embryogenèse somatique)



sur milieu d'enracinement



Plante régénérée  
transformée



Plantule issue du développement  
d'un embryon somatique



# Risques (III)

## En serre (confinée)

Evaluation: agronomique, technologique, alimentaire, toxicologique, allergénique.

POLLEN



DEBRIS

SOL

Exudats, contacts

EAU

# Risques (IV)

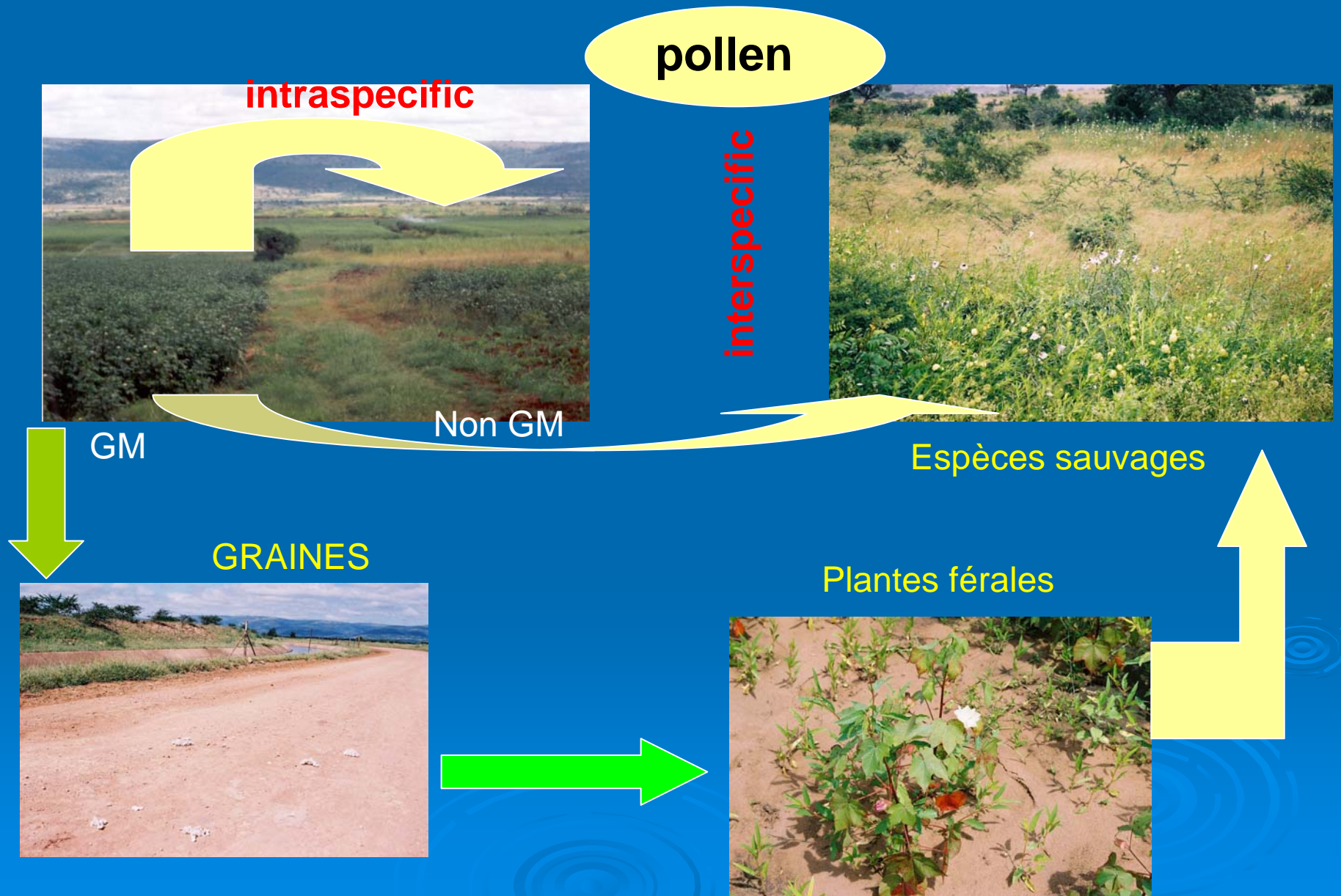
## Essais au champ

- ❑ Flux de gènes (plantes)
- ❑ Effet sur la biodiversité
  - ❖ Faune
    - Phytophages
    - Pollinisateurs et floricoles
    - Prédateurs généralistes
    - Parasites
    - Organismes neutres
  - ❖ Flore
  - ❖ Organismes du sol (effet toxique et transfert horizontal)
- ❑ Flux des métabolites dans l'environnement



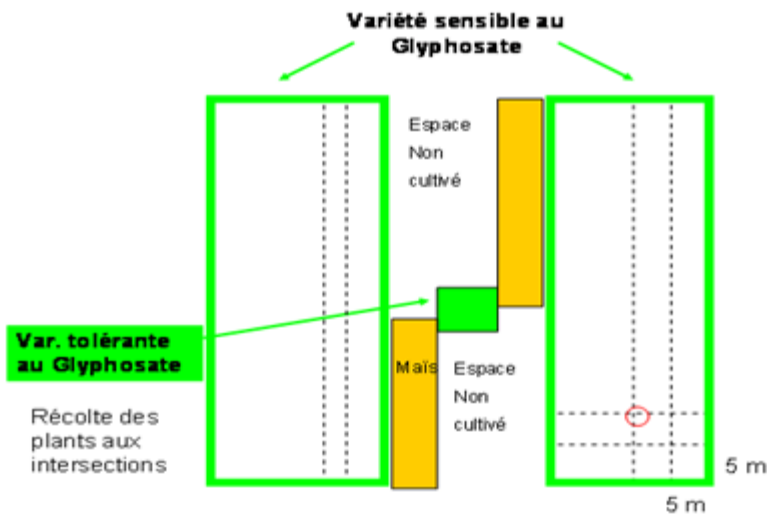
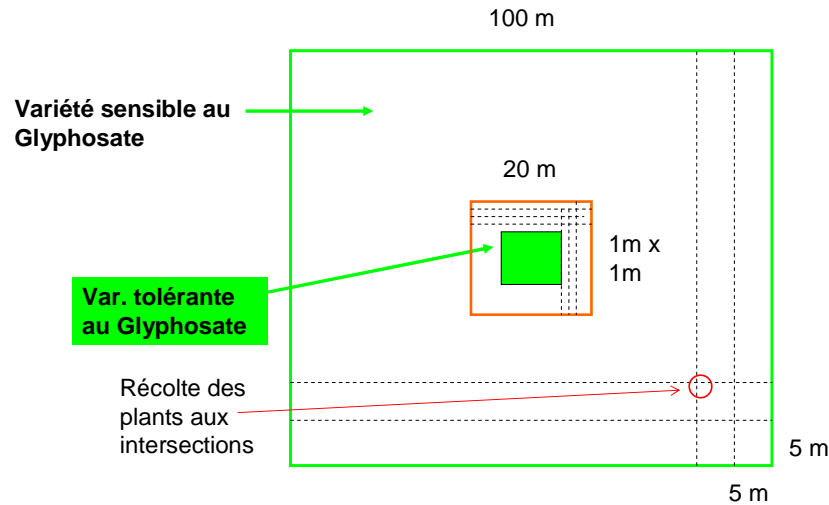
## EXEMPLE

# LES FLUX DE GENES

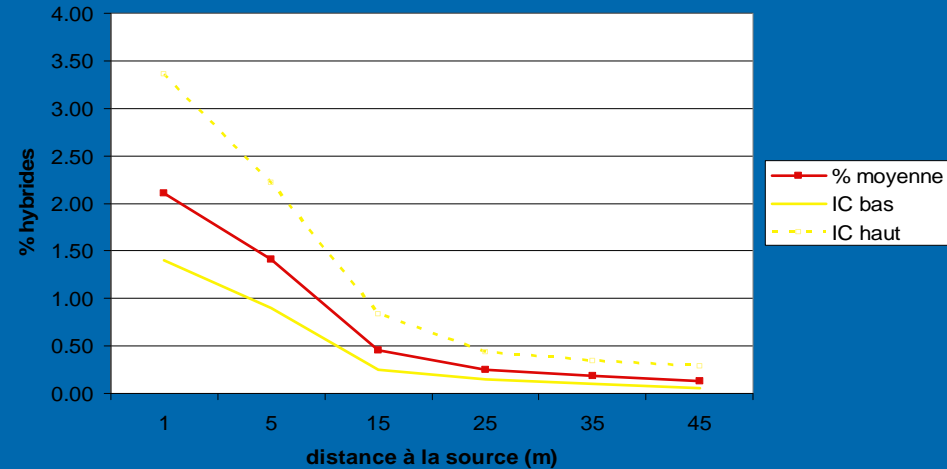


# Dispersion du pollen intra et inter parcelles

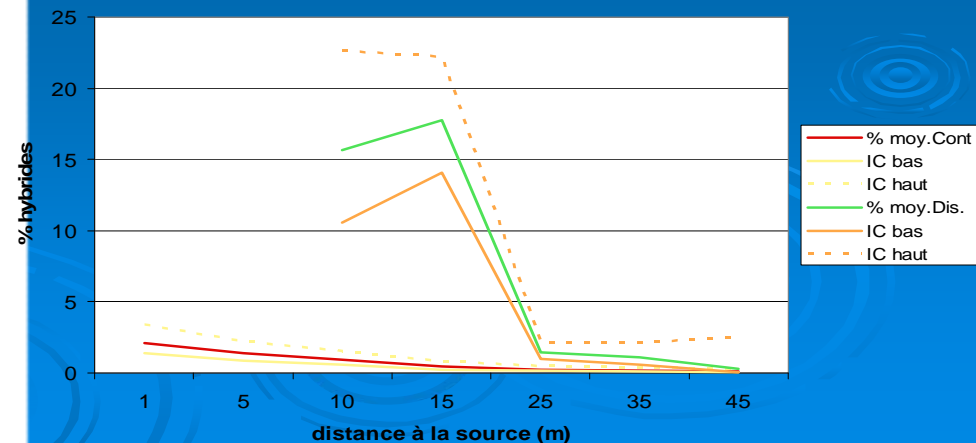
## EXEMPLE



Probabilité d'hybridation en fonction de la distance dans un peuplement homogène de cotonniers.  
Rustenburg, 2003-2005.



Probabilité d'hybridation en fonction de la distance dans un peuplement homogène de cotonniers.  
Rustenburg, 2003-2005.



# Risques (III)

## En champ de production

- ❑ Mêmes risques qu'en champ d'essai;
- ❑ Acquisition de Résistances aux métabolites Tg;
- ❑ Création d'une plante GM invasive;
- ❑ Modification de la composition de la flore sauvage par incorporation du transgène;
- ❑ Modification de la faune;
- ❑ Mélange lors de la récolte, commercialisation et transformation.
- ❑ Mélange —————> Impact sanitaire
- ❑ Mélanges en Production semencière (inévitables ?)

*Problèmes de coexistence avec les cultures Bio et Conventionnelles*



# Plante invasive ? Les populations férales de *Gossypium hirsutum* et les volontaires

## EXEMPLE



### Populations férales:

Coton Bt: 73 à 100%

Coton RR: 0 à 27%



### Plantes volontaires:

-faible dormance de la graine

Pour le coton graine:

-  $4,0\% \pm 2,66$  de plantules après 28 j.

## EXEMPLE

# Risques de mélange



✓ Non intentionnel : niveau communautaire, marchés, transport, usines...

✓ Intentionnel: coton GM mélangé avec du Bio; inter-frontalier...



# Au-delà du champ: la chaîne de consommation.

## Le risque sanitaire (IV)

### ➤ Le risque allergénique

Transgénèse peut accroître le risque allergénique: - le tg code pour un allergène, - les tg peuvent produire des protéines activant des allergènes dans la plante

**Evaluation difficile si implication de nombreux tg**

### ➤ Le risque de toxicité

- Toxicité des métabolites secondaires (herbicides);
- Produits du Pharming.
- Valeur alimentaire.

# Les risques socio-économiques (VI)

## ➤ Dépendance de l'agriculteur

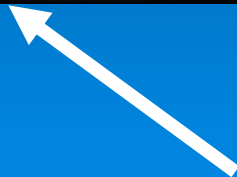
### La loi du plus fort

- Pertes de marchés par la chute de rentabilité des exploitations conventionnelles (artisanales) par rapport aux nouvelles plantes (thaumatococcus).
- Diminution des prix agricoles
- Concentration et réduction de la biodiversité agricole dans/par le secteur privé.
- Risque économique si le coût de la technologie n'est pas adapté à l'utilisateur.

# La gestion des risques



La gestion des risques s'opère tout au long de la chaîne, au-delà du champ.



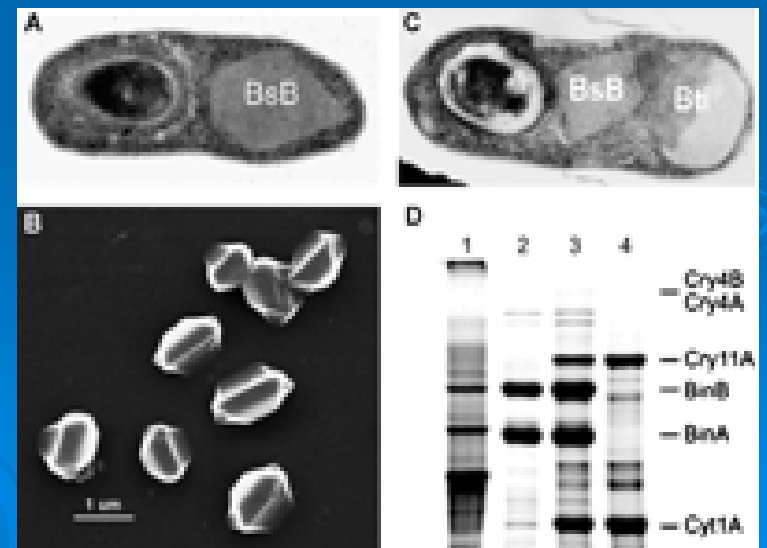
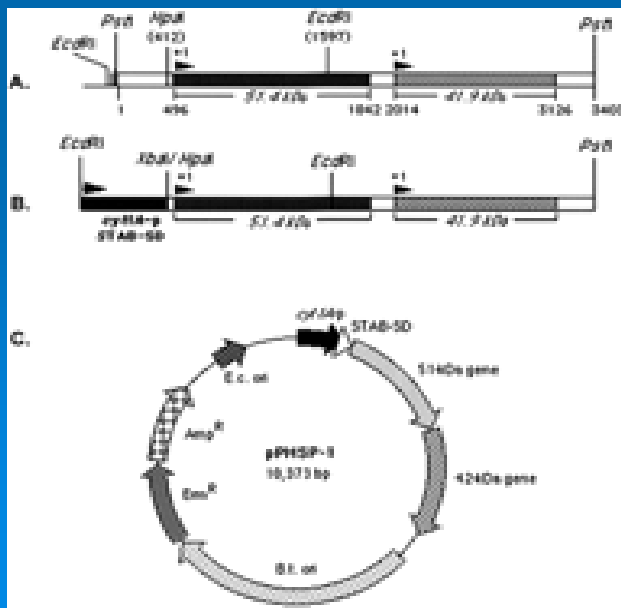
# Gestion des risques (I) Au laboratoire

## La connaissance scientifique

- ✓ Qu'introduit on ? : Caractériser la construction du vecteur plasmidique
- ✓ Que contient le site ciblé (nombre de répliques, codons manquants..) ?

Séquençage de l'ADN sur le locus Tg

- ✓ Expression du Tg: Western Blotting
  - ✓ Transmission du Tg: Mendélienne ? Autocroisements et Southern Blotting.
- Stabilité du locus Tg et expression au travers des générations successives.



# Gestion des risques (II)

## Au laboratoire

### - CONFINEMENT

### - LES BONNES PRATIQUES

#### Gestion des déchets:

Liquides: thermique

Solides : thermique, incinération

Gaz: filtration

#### Gestion des flux:

Dépression





# Gestion des risques (III)

## En serre



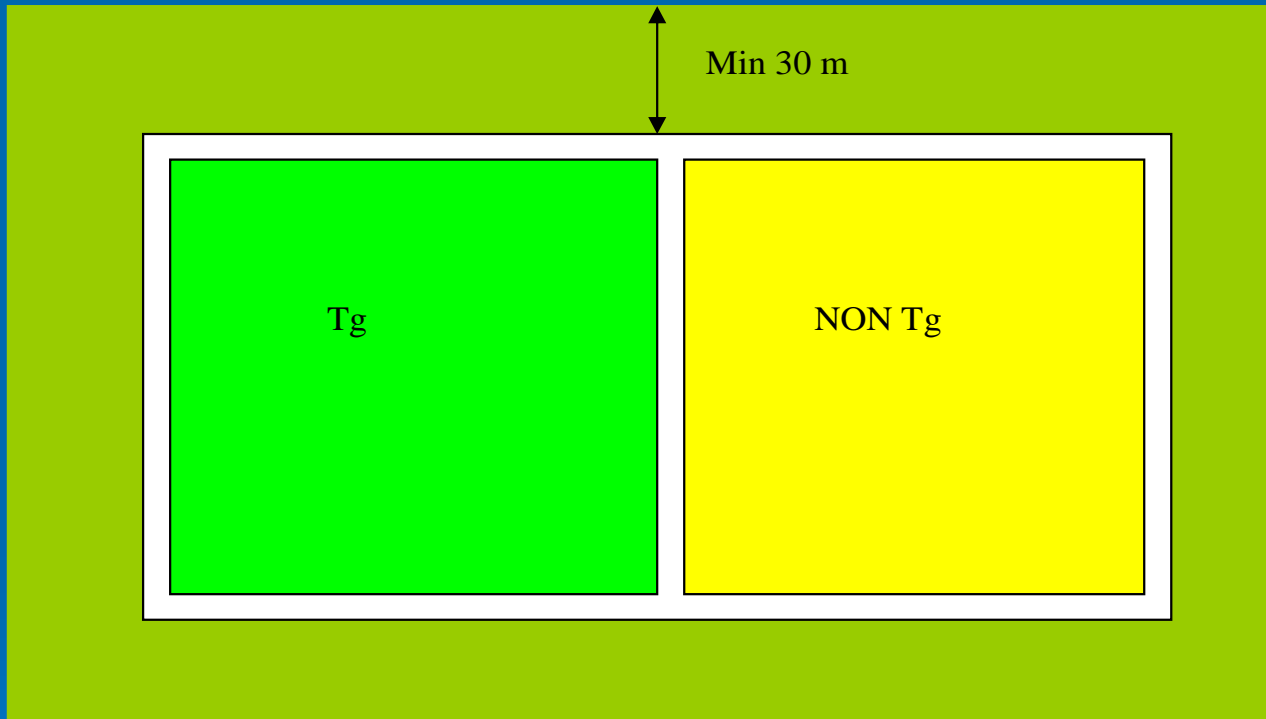
Serre de classe de risque SL2

Mêmes pratiques qu'en laboratoire concernant la gestion des déchets et effluents.



# Gestion des risques (IV)

## Au champ expérimental



Pas d'exportation de matériel végétal hors champ.

Destruction des plantes et produits après récolte

Evaluations de l'impact sur la faune (sol, insectes...)

Flux de gènes

# MANAGEMENT DES RISQUES AU NIVEAU DE LA PRODUCTION (V)

---

## ➤ Accepter le risque

cas de l'Afrique du Sud

## ➤ Eviter le risque

Moratoires, interdictions.

## ➤ Gérer le risque

introduction des PGM cultivés en Europe

Risques avérés: gestion directe

Risques potentiels et inconnus : biovigilance (Monitoring des implantations).

# MANAGEMENT DES RISQUES (VI) AU NIVEAU DE LA PRODUCTION

- Gestion des flux de pollen

Agronomique: isolement géographique, rotation pour éviter les resemis, destruction des plantes relais, modèles prédictifs.

Génétique: stérilité mâle, autogamie stricte, transformation du chloroplaste.. Terminator ??

- Séparation des filières GM et conventionnelles;

# MANAGEMENT DES RISQUES (VII) AU NIVEAU DE LA PRODUCTION

## ➤ Risques de résistance

### ❖ Gènes Bt / Insectes ciblés:

zones refuges, dose forte, pyramidage, modèles prédictifs.

### ❖ Gènes HT (Pat, RR) / Mauvaises herbes

Rotations d'herbicides, Management intégré (MIMH)

# Comment éviter ou retarder l'apparition de résistances aux herbicides ?

## EXEMPLE

### Management Intégré des Mauvaises Herbes

1. Observation
2. Carnet de champ
3. Identification adventices
4. Suivi des recommandations H.
5. Programmation des opérations
6. Combinaison et rotation des H.
7. Rotation des groupes H.
8. Réduction des quantités H.
9. HT cultivar pour réduire les rémanents
10. Binage et sarclage
11. Traitement dirigé
12. Désherbage manuel
13. Désherbage chimique ponctuel
14. Rotation de cultures
15. Hygiène de l'exploitation
16. Cultivars compétitifs
17. Date de semis
18. Irrigation
19. Régularité du semis
20. Fermeture de la canopée
21. Management des engrais et insecticides

# Exemples pour lesquels il n'existe pas de réponse claire pour la gestion du risque

- Impact sur la biodiversité de la faune
- Impact sur les populations bactériennes de la rhizosphère.
- Plantes invasives à multiplication végétative

Mais dans ces cas, le risque est-il avéré ou potentiel ?

# MANAGEMENT DES RISQUES AU NIVEAU DE LA PRODUCTION: exemple du coton

## EXEMPLE

- Gestion séparée des filières semencières
- Coexistence raisonnée; contrôle des volontaires, regroupements parcellaires .
- Gestion séparée des marchés (géographique ou selon les échelles de temps) et usinages en 3 vagues.
  - 1- Bio
  - 2- Conventionnel
  - 3- GM



# Gestion des risques sanitaires (VIII)

- Isolement des cultures et séparation des filières.
- Etiquetage obligatoire (>0,9%)
- Traçabilité (certificat, feuille de route)
- Contrôle des produits non GM depuis la récolte jusqu'à la commercialisation finale.
  - Echantillonnages et analyses (normes ISO)

Problème: Seuil Tolérance↓ , Quantités↑ = Echantillons ↑

**AUGMENTATION DES COUTS**: techniques culturales, stockeurs et transformateurs, analyses.

# Conclusion

- Au laboratoire les OGM ne demandent pas plus (voire moins) d'attention que les pathogènes.
- Evaluation et gestion des risques au cas par cas en toute indépendance.
- Risques environnementaux: évaluation locale indispensable.
- Bonnes pratiques (modification des pratiques actuelles).
- Demande d'une filière forte et bien organisée.
- LA GESTION DES RISQUES A UN COUT